

5/5/4

01900023

# OSCILLATORY GYRO

PUB. NO.: 61-114123 [JP 61114123 A]

PUBLISHED: May 31, 1986 (19860531)

INVENTOR(s): KAWAMURA YOSHIO

SATO KAZUO

TERASAWA TSUNEO

TANAKA SHINJI

TAKANASHI AKIHIRO

APPLICANT(s): HITACHI LTD [000510] (A Japanese Company or Corporation), JP  
(Japan)

APPL. NO.: 59-234929 [JP 84234929]

FILED: November 09, 1984 (19841109)

INTL CLASS: [4] G01C-019/56; G01P-009/04

JAPIO CLASS: 46.1 (INSTRUMENTATION -- Measurement)

JAPIO KEYWORD: R004 (PLASMA)

JOURNAL: Section: P, Section No. 505, Vol. 10, No. 298, Pg. 54,  
October 09, 1986 (19861009)

JR1

## ABSTRACT

PURPOSE: To obtain a small-sized, high-performance gyro by forming a flexible support part which supports a rod member on a substrate and providing a damper which controls the displacement of the rod member, which is caused according to an angular velocity applied to the rod member, to a specific quantity.

CONSTITUTION: An oscillatory beam 11 and the support part 12 which supports it are formed on the same substrates 13 and 22 and adhered and fixed to glass 14 as a reinforcing member at a boundary 15. Metal 12 is vapor-deposited on four flanks of the oscillatory beam 11 independently. The oscillatory beam 11 is oscillated with electrostatic power or damped and driving and detecting electrode parts 16, and 17 for detecting displacement electrostatically are fixed while a specific gap is left before the oscillatory beam 11. Respective control circuits 20 for driving, detection, and damping are integrated at the electrode parts 16 and 17. Thus, the small-sized oscillatory gyro which is hardly affected by disturbance and easily worked and assembled is obtained.

## ⑪ 公開特許公報 (A)

昭61-114123

⑤ Int.Cl.

G 01 C 19/56  
G 01 P 9/04

識別記号

厅内整理番号

6723-2F  
7027-2F

⑥ 公開 昭和61年(1986)5月31日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑦ 発明の名称 振動ジャイロ

⑧ 特願 昭59-234929

⑨ 出願 昭59(1984)11月9日

⑩ 発明者 河村 喜雄 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑪ 発明者 佐藤 一雄 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑫ 発明者 寺澤 恒男 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑬ 発明者 田中 伸司 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑭ 出願人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑮ 代理人 弁理士 高橋 明夫 外1名

最終頁に続く

## 明細書

発明の名称 振動ジャイロ

## 特許請求の範囲

1. 神状部材とそれを支持する柔軟な構造の支持部を一つの基板上に形成し、該神状部材を励振させる加振器を具備し、また該神状部材に加えられた角速度に応じて生じる該神状部材の変位量を測定する変位検出器を具備し、さらに該神状部材の変位を所定量に制御するための制振器を具備することを特徴とする振動ジャイロ。

## 発明の詳細な説明

## (発明の利用分野)

本発明は、振動ジャイロに関する。

## (発明の背景)

従来の振動型ジャイロとしては、文献「V.D. Gates; Vibrating Angular Rate Sensor may Threaten the Gyroscope, Electronics, (1968-6-10), P.130-134」に示されるように、金属製角棒に電極膜等を接着し、リング等により角棒を支持する構造のものがある。この種のジャイロの感度は、

角棒の形状や支持方法により左右され、高性能なジャイロはその加工組立上の困難度から高価という問題点がある。またジャイロの小型化も加工組立の制約から容易でないという問題点がある。

## (発明の目的)

本発明の目的は、振動ジャイロの前述したような問題点を解決し、安価で小型かつ高性能な振動ジャイロを提供することにある。

## (発明の概要)

上記目的を達成するために、本発明では、神状部材とそれを支持する柔軟な構造の支持部を一つの基板上に形成し、神状部材を励振させる加振器を具備し、また神状部材に加えられた角速度に応じて生じる神状部材の変位量を測定する変位検出器を具備し、さらに神状部材の変位を所定量に制御するための制振器を具備する如く構成したものである。

## (発明の実施例)

第1図に振動型ジャイロの原理図を示した。図b. 高さhの矩形断面の神状部材2は加振子1で支

持部1により支持されている。z方向に速度Vの横振動モードで棒状部材を励振させた状態で、x軸まわりに角速度ωの入力が生じるとy方向にコリオリの力F<sub>x</sub>が作用して棒状部材はy方向に変位する。z方向の励振によるz方向のたわみ量をδ<sub>z</sub>とし、角速度ωにより生じるy方向のたわみ量をδ<sub>y</sub>とすると、

$$\delta_y = C Q \sqrt{\frac{\rho}{E}} \cdot \frac{h^2}{b} \cdot \delta_z + w$$

なる関係が成立する。ここでEは棒状部材2の模倣性係数、ρは密度、Cは支持部1の支持方法に依存する係数、Qは励振によるたわみ量と励振させない場合の静たわみ量との比に依存する係数である。

なお、振動学によれば、棒の横振動における固有振動数は

$$\frac{C^2}{2\pi b^3} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \cdot \left(\frac{bh^3}{12}\right) \cdot \frac{1}{bh}$$

で表わされ、棒の両端の支持方法が固定端・自由端の時C=0.6π、支持端・支持端の時C=π、支持端・固定端の時C=1.25π、自由端・自由端の時C=2πである。  
(3)

せないためには、bを小さくした比率の自乗倍以下の比率でbを小さくする必要が生じる。従来最も小型な振動ジヤイロとしては、a=3.4mm、b=1mmの金属棒材を用いて換出感度0.05°/s(文献: 舟橋、応用物理学会講演集(1968-春)31P-G-11)の報告例がある。従来の振動ジヤイロよりさらに小型で高性能な振動ジヤイロを実現に製作するためには、新しい構成や加工組立方法が必要不可欠である。

本発明は加工組立技術としてリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、一つの基板に振動梁等を構成することによって、振動ジヤイロの小型化と高性能化を達成しさらにこれを実現に提供することを可能とした。

以下、本発明を実施例を用いて詳細に説明する。

第2図は本発明の一実施例を示す図である。振動梁11とそれを支える支持部12を同一基板013、22の上に形成し、補強部材であるガラス14に対して境界15において接着固定されている。振動梁11の四つの側面は各々独立に金属

(5)

端の時C=1.5πとなる(πは円周率)。従つて、支持方法が自由端・自由端となるような柔軟な支持構造を用いる時係数Cは最大である。また、係数Qは共振状態の時最大となるため、δ<sub>y</sub>を大きくするためには共振状態になるように棒状部材を励振することが望ましい。

x、y方向に対して共振状態を得るために棒状部材は通常b=hの正方形断面とする。この時、前記の式は

$$\delta_y = C Q \sqrt{\frac{\rho}{E}} \cdot \frac{h^2}{b} \cdot \delta_z + w$$

となる。δ<sub>y</sub>を棒状部材の実用上の曲げによる限界値とした場合、δ<sub>y</sub>の限界もδ<sub>z</sub>と同量となる。従つて角速度ωをδ<sub>y</sub>に変換する換出感度を高めるためにはCQ $\sqrt{\frac{\rho}{E}} \cdot \frac{h^2}{b}$ の値を大きくする必要がある。ρ/Eは材質を選ぶことにより増加できる。振動ジヤイロの小型化のためにはa、bを小さくしなければならない。一方換出感度を向上させるにはa<sup>3</sup>/bの値は大きく保つ必要がある。小型化のためaを小さくした場合に換出感度を低下さ

(4)

が蒸着されている。振動梁11を駆動力で励振あるいは誘導させ、また静電的に変位を検出するための駆動および検出用電極部16、17が振動梁11と所定の間隔を保つて固定されている。なお、この所定の間隔は各々対面した電極間の静電容量を測定することにより容易に調整可能である。

駆動および検出用電極部16、17は半導体製造技術を用いて、駆動用、検出用、制御用のための各制御回路20が集成化されている。また基板部分の21には温度補償用の回路や加速反応出力等を集成化している。本発明の振動梁の寸法例はa=7.6mm、b=10μmで従来の振動ジヤイロに比べて小型化しており、さらに検出感度は0.01°/sと高性能化している。さらに既述したように同一基板上に振動梁等を構成しているため外乱の影響を受けにくく、また加工組立も容易となり実現可能な振動ジヤイロが得られた。

次に第3図は、同一基板上に振動梁等をリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて製作する工程(1)～(11)を示した。Si基板31に感光剤で

(6)

あるレジスト 3-2 を重ねし、工程(3)の右図に示すような振動梁や支持部等の描かれたフォトマスク 3-3 を介して露光する(34)。ここで振動梁の幅をしとすると、支持部のバターン幅はしより小さい寸法値としてある(本実施例では、 $b = 10 \mu\text{m}$ 、支持部幅は $5 \mu\text{m}$ である)。露光剤としてボジ型レジスト AZ1350J を用いた。現像(工程(4))後、残ったレジストバターンをマスク材としてプラズマエッティング(工程(5))を行ないレジストを除去する(工程(6))と Si 基板上に振動梁等のバターンが形成される。なお Si 基板のエッティング深さはしとして、深さの制御はエッティング時間で行なう。次に Si 基板の裏面にレジストを塗布し(工程(7))、工程(8)の右図に示すようなフォトマスク 3-3' を用いて露光(34')を行なう。このフォトマスクのバターンは工程(3)で用いたフォトマスクのバターンのうち振動梁と支持部のバターンを除いた形となつている。

現像(工程(9))後、プラズマエッティング(工程(10))を行ないレジストを除去する(工程(11))

(7)

るため、基板 a をガラス b に接着後、補強部 6-4 を除去して振動梁 6-1 の四つの側面に電極を形成する作業が容易になる。なお本説明で明らかのように、基板 a には補強部 6-4 があるため、小型で高性能な振動ジャイロに必要な $10 \mu\text{m}$ 程度と極めて細い振動梁 6-1 や支持部 6-2 に過度な応力を加えずにかつ容易に組立を行なうことが可能となつた。

なお本発明では基板として Si を用いたが他の材質のものを用いることも容易に考えられる。また本発明ではレジストバターンをマスクとして用いて基板をエッティングして振動梁等を製作したが、レジストや樹脂等のバターンを用いて電気メットキ法等で金属等を成長させて一つの基板上に振動梁等を形成する方法も応用例として容易に考えられる。

また振動梁の構造は、本発明の場合、両端支持方式のものとなつてゐるが、一端を自由とした片持梁式の構造のものも可能である。

振動梁の駆動および検出等の方法としては、従

と所望の駆動電界の形成され、基板が得られる。なおこのエッティングの深さは基板の厚さをことすると(レーピ)だけ行なう。エッティング深さはエッティング時間により制御する。

第4図は上述の工程を経て製作した振動ジャイロの基板の概略図で、(a) は平面図、(b) は AA 断面図である。振動梁 6-1 の支点間距離は $7.6 \mu\text{m}$ 、断面は $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ 、支持部 6-2 の断面は $5 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ であり、基板 6-3、6-4 の厚さは $400 \mu\text{m}$ である。なお基板のうち 6-3 はガラスへの接着固定部、6-4 は極めて細い振動梁に不必要な応力を加えずに接着固定作業が容易に行なえるようにする目的で設けた補強部である。

第5図は振動梁を形成した基板 a を補強用のガラス b へ接着する工程の概要を示す図である。各部の番号は第2図または第4図と共通である。基板 a とガラス b は境界 1-5 を接触させてアノーディクボンディングされる。またガラスにはあらかじめ段差部 2-3 と貫通した溝 1-9 が設けられて

(8)

来から用いられているような電圧材を用いて行なうこととも可能である。

また振動梁等の諸寸法を本発明以外の基とすることも可能である。

第6図に本発明の応用例として二軸の角速度検出と加速度検出を可能とする振動ジャイロの概略図を示した。第2図に示した構造と同様の振動梁 4-1、4-2 および加速度検出部 4-3、4-4 とこれらの制御回路等 4-7、4-8、4-9 が一つの基板上に形成されている。加速度検出部は xy 平面内において柔軟でかつ先端に重りを有した焼結端を成している。

以上述べた本発明の例では、振動梁の姿位 $\theta$ 、を検出して角速度 $\omega$ に換算しているが、y 方向の姿位 $\theta_y$ 、を常に零とするように y 方向に制動力を加えて、それに必要な電圧等から角速度を換算することも可能である。

#### (発明の効果)

本発明によれば、同一基板上に長さ $a = 7.6 \mu\text{m}$ 、断面形状 $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ のよう振動梁を有

(10)

用電極部、20…制御回路。

代案人 井理士 高橋明夫

する振動ジャイロを容易に製作できるようになつた。大きさを左右する長さは従来の約1/4と小型化し、検出感度は0.01°/sと従来の約5倍に高性能化した。同一基板上に補強部64を設けた構造の振動梁等で振動ジャイロを構成した結果、製造コストが従来より低減可能となつた。すなわち従来のものより1/4以下に小型化し約5倍以上に高性能化した振動ジャイロの製作が極めて容易となつたため安価で高性能な振動ジャイロの提供が可能となつた。

## 図面の簡単な説明

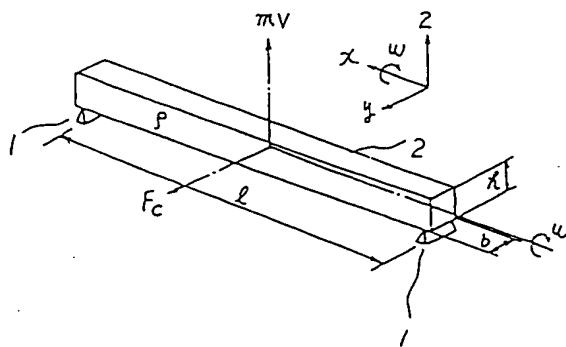
第1図は振動型ジャイロの原理図、第2図は本発明の一実施例の構成図、第3図は本発明の実施例の振動梁等の製造工場を示す図、第4図(a), (b)はそれぞれ本発明で述べた振動梁を有する基板の正面図と側面図、第5図は振動梁を形成した基板と補強部材とを示す図、および第6図は本発明の応用例の構成図である。

1 1…振動梁、1 2…支持部、1 3, 2 2…基板、  
1 4…ガラス、1 6…駆動用電極部、1 7…検出

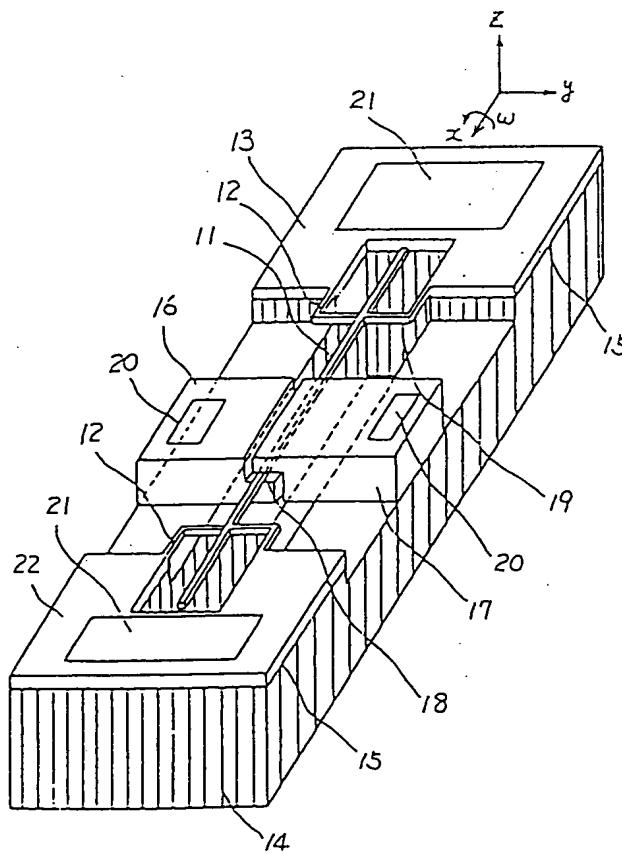
(11)

(12)

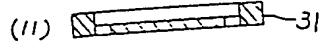
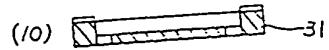
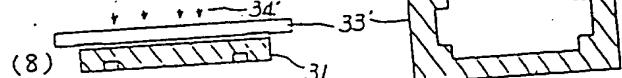
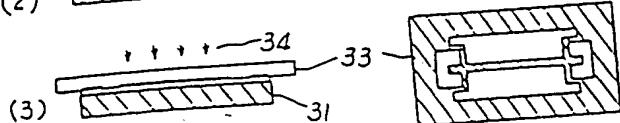
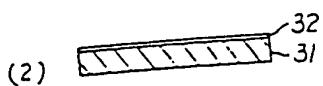
第 1 図



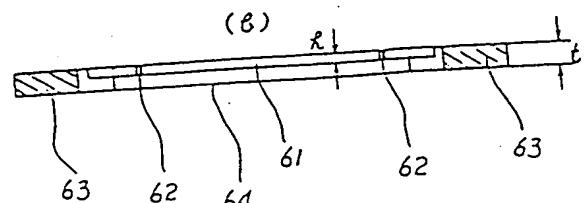
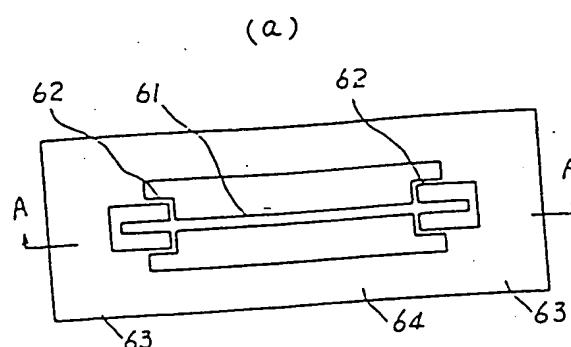
第 2 図



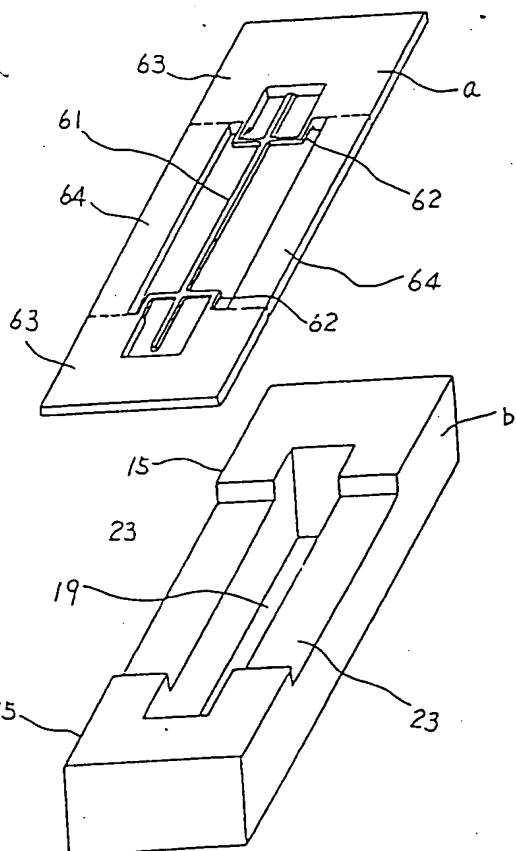
第3图



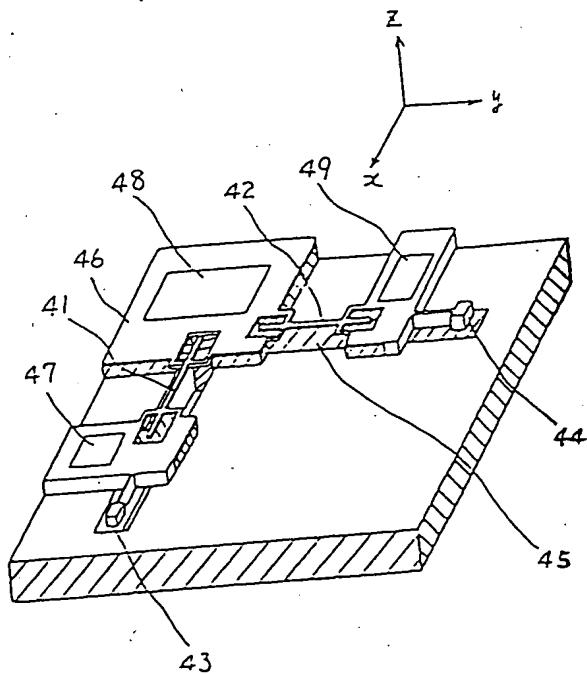
第4图



第5图



第6图



第1頁の記述

②発明者 高梨 明祐 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

## 手続補正書(方式)

昭和60年3月15日

## 補正の内容

明細書第1頁第15行目から第18行目までの記載を下記のとおり訂正する。

特許庁長官

## 事件の表示

昭和59年特許第234929号

## 記

発明の名称 振動ジャイロ

「従来の振動型ジャイロとしては、文献「バイブレーティング アンギュラーレイット センサー メイスレトン ザ ジャイロスコープ (Vibrating angular rate sensor may threaten the gyroscope)」, ウィリアム・ディー・ゲイト (William D. Gate) 著, エレクトロニクス 1968年6月10日 (Electronics June 10, 1968), p. 130 ~ 134 (第130 ~ 134頁)」に示されるように、金属製角棒に」

## 補正をする者

事件との関係 特許出願人  
名 称 (S10) 株式会社 日立製作所

以上

## 代理人

居 所 〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号  
株式会社 日立製作所内  
通 話 東京 212-1111(大代表)

氏 名 (S10) 弁理士 高橋 明



補正命令の日付 昭和60年2月26日

補正の対象 明細書の「発明の詳細な説明」の部